

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
4. März 2004 (04.03.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/018973 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **G01D 5/347**,  
B23Q 17/22, G01B 3/00

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BÖGE, Ludwig**  
[DE/DE]; Eduard-Mörke-Weg 1, 07751 Jenapriessnitz  
(DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/006845

(22) Internationales Anmeldedatum:  
27. Juni 2003 (27.06.2003)

(81) Bestimmungsstaaten (national): CN, JP, US.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,  
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

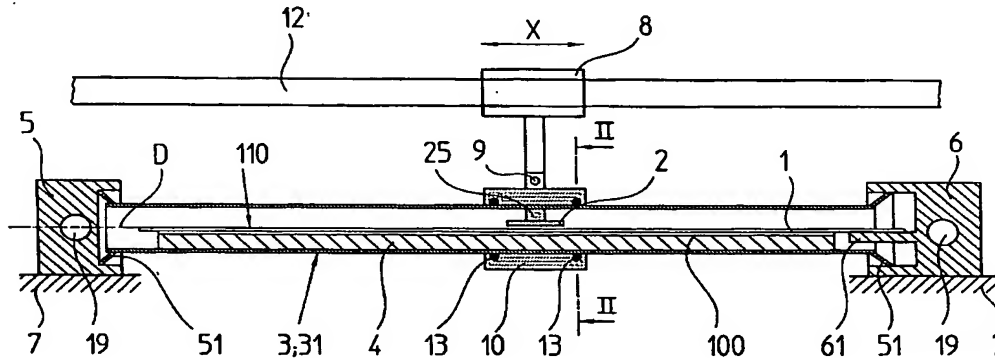
(30) Angaben zur Priorität:  
102 36 381.1 8. August 2002 (08.08.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): **DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH**  
[DE/DE]; Postfach 12 60, 83292 Traunreut (DE).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-  
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-  
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der  
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: LENGTH MEASURING DEVICE

(54) Bezeichnung: LÄNGENMESSEINRICHTUNG



(57) Abstract: The invention relates to an encased length measuring device, the housing (3) of which forms a guide rail (31) for a directing carriage (10) that supports a scanning device (2). Said scanning device (2) is permanently fixed to the directing carriage (10) in all directions (X, Y, Z) while the directing carriage (10) is permanently attached to the machine part (8) that is to be measured. A misalignment relative to a machine-guiding member (12) during mounting of the housing (3) is corrected during measurement by means of coupling elements (51, 61) which are resilient perpendicular to the measuring direction (X) and are disposed between the housing (3) and the mounting elements (5, 6) or by using a flexibly slack housing (30).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine gekapselte Längenmesseinrichtung, deren Gehäuse (3) eine Führungsschiene (31) für einen die Abtasteinrichtung (2) tragenden Führungsschlitten (10) bildet. Die Abtasteinrichtung (2) ist in allen Richtungen X, Y, Z starr am Führungsschlitten (10) und dieser wiederum starr an dem zu messenden Maschinenteil (8) befestigt. Eine Fehlausrichtung beim Anbau des Gehäuses (3) gegenüber einer Maschinenführung (12) wird beim Messbetrieb durch senkrecht zur Messrichtung X nachgiebige Kupplungselemente (51, 61) zwischen dem Gehäuse (3) und den Montageelementen (5, 6) oder durch den Einsatz eines biegeschlaffen Gehäuses (30) korrigiert.

## Längenmesseinrichtung

=====

Die Erfindung betrifft eine Längenmesseinrichtung zur Messung der Relativlage eines ersten Maschinenteils gegenüber einem zweiten Maschinenteil. Das erste Maschinenteil ist beispielsweise das Bett einer Werkzeugmaschine und das zweite Maschinenteil der zum Bett verfahrbare Maschinenschlitten.

Zur genauen Positionsmessung an Werkzeug- oder Koordinatenmessmaschinen werden die Maßstäbe bzw. die Maßstabträger aufwendig parallel zur Messrichtung ausgerichtet befestigt, wobei die Messrichtung durch die Führung der Werkzeug- oder Messmaschine vorgegeben ist. Eine Maßnahme zur Ausrichtung ist beispielsweise in der DE 199 14 311 A1 und der DE 197 00 367 A1 beschrieben.

Diese Maßnahmen sind aber bei Längenmesseinrichtungen, bei denen der Maßstab in einem Gehäuse geschützt untergebracht ist nicht oder nur schwer anwendbar.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Längenmesseinrichtung anzugeben, bei der das Gehäuse mit dem darin angeordneten Maßstab einfach parallel zur Maschinenführung ausrichtbar ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Längenmesseinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Vorteilhafte Ausführungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Die Erfindung wird anhand von Zeichnungen näher erläutert, dabei zeigt

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel einer Längenmesseinrichtung im Längsschnitt;

- Figur 2 einen Querschnitt II-II der Längenmesseinrichtung gemäß Figur 1;
- 5      Figur 3 einen Querschnitt der Längenmesseinrichtung mit einer Durchlicht-Abtastung;
- Figur 4 einen Querschnitt der Längenmesseinrichtung mit einer abgewandelten Linearführung;
- 10      Figur 5 eine Längenmesseinrichtung mit einem Schutzband als Abdeckung;
- Figur 6 eine Längenmesseinrichtung im Längsschnitt mit einer Abtasteinrichtung außerhalb des Gehäuses;
- 15      Figur 7 einen Querschnitt VII-VII der Längenmesseinrichtung gemäß Figur 6;
- Figur 8 einen Querschnitt der Längenmesseinrichtung gemäß Figur 6 mit einem abgewandelten Gehäuse und
- 20      Figur 9 eine Prinzipdarstellung mit einem biegeschlaffen Gehäuse.

25

Anhand der Figuren 1 bis 5 werden gekapselte Längenmesseinrichtungen beschrieben, bei denen ein Maßstab 1 sowie eine Abtasteinrichtung 2 geschützt im Innenraum eines Gehäuses 3 angeordnet sind.

- 30      Die Längenmesseinrichtung gemäß den Figuren 1 und 2 besteht aus einem biegesteifen, eine kreiszylindrische Umfangsfläche aufweisenden Gehäuse 3, beispielsweise aus Aluminium, Kunststoff oder Stahl. An dem Gehäuse 3 ist über einen Träger 4 der Maßstab 1 befestigt.

Zur Positionsmessung ist das Gehäuse 3 über Montageelemente 5, 6 an einem ersten Maschinenteil 7 befestigt, dessen Position relativ zu einem zweiten Maschinenteil 8 gemessen werden soll. Die Ausbildung der Montageelemente 5, 6 wird später näher erläutert.

5

Zur Positionsmessung ist an dem zweiten Maschinenteil 8 über Befestigungsmittel 9 –insbesondere Schrauben- ein Führungsschlitten 10 befestigt, an dem wiederum die Abtasteinrichtung 2 zur Abtastung des Maßstabes 1 befestigt ist. Die Befestigung des Führungsschlittens 10 an dem zweiten Maschinenteil 8 erfolgt in Messrichtung X und in allen Richtungen Y, Z senkrecht zur Messrichtung X starr.

Der Führungsschlitten 10 umgreift das Gehäuse 3 allseitig und die Umfangsfläche des Gehäuses 3 bildet eine Führungsschiene 31, an der der Führungsschlitten 10 spielfrei in Messrichtung X geführt ist. Der Führungsschlitten 10 ist über eine Kugelbuchse 11 an dem Gehäuse 3 in allen Richtungen Y, Z senkrecht zur Messrichtung X spielfrei angekoppelt. Anstelle der Kugelbuchse 11 können auch andere Wälzführungen, oder auch Gleitführungen Verwendung finden.

20

An den beiden Enden des Führungsschlittens 10 sind Runddichtungen 13 zur Abdichtung zwischen dem Führungsschlitten und dem Gehäuse 3 angeordnet. Durch den Einsatz von umlaufenden Runddichtungen 13 ist eine gute Abdichtung gewährleistet.

25

Bei der Positionsmessung wird der Führungsschlitten 10 vom zweiten Maschinenteil 8 in Messrichtung X bewegt, wobei die Bewegungsbahn von der Maschinenführung 12, die in Figur 1 nur schematisch dargestellt ist, vorgegeben ist. Die in Messrichtung X und in allen Richtungen senkrecht dazu starre Ankopplung des Führungsschlittens 10 an dem zweiten Maschinenteil 12 sorgt dafür, dass eine fehlerfreie Übertragung dieser Bewegung auf die am Führungsschlitten 10 starr angekoppelte Abtasteinrichtung 2 gewährleistet ist. Die darüber hinaus in allen Richtungen senkrecht zur Messrichtung X spielfreie Führung des Führungsschlittens 10 am Gehäuse 3 sorgt

30

dafür, dass das Gehäuse 3 und somit der Maßstab 1 eine definierte Lage zur Maschinenführung 12 einnimmt. Das Gehäuse 3 muss somit nicht zwingend hochgenau parallel zur Maschinenführung 12 ausgerichtet angebaut sein. Bei einer Fehlausrichtung garantiert der Führungsschlitten 10 eine Mitnahme des Gehäuses 3 und somit eine korrekte Ausrichtung senkrecht zur Messrichtung X.

Um diese Ausrichtung im Messbetrieb zu gewährleisten, ist das biegesteife Gehäuse 3 mittels zumindest eines Montageelementes 5 am ersten Maschinenteil 7 befestigt, das Mittel 51 zur beweglichen Ankopplung des Gehäuses 3 in Richtungen Y, Z senkrecht zur Messrichtung X aufweist. Diese Mittel können elastische Elemente 51 zwischen dem starr an das erste Maschinenteil 7 anschraubbare Montageelement 5 und dem Gehäuse 3 sein, wobei diese elastischen Elemente 51 gleichzeitig eine Abdichtung zwischen dem Gehäuse 3 und dem Montageelement 5 bilden können.

Das Montageelement 6 gewährleistet eine in Messrichtung X starre Ankopplung des Gehäuses 3 an das erste Maschinenteil 7, lässt aber Querbewegungen in allen Richtungen Y, Z zu. Das Montageelement 5 lässt ebenfalls Querabweichungen des Gehäuses 3 in allen Richtungen Y, Z zu, lässt aber auch einen Längenausgleich des Gehäuses 3 relativ zum Montageelement 5 zu. Das Montageelement 6 zur in Messrichtung X starren und senkrecht dazu auslenkbaren Befestigung des Gehäuses 3 enthält einen Federdraht 61 oder einen Stab, der Gelenke in Form von Schwachstellen aufweist.

Der Maßstab 1 ist ein Stahlband, das über eine Ölschicht 100 oder eine andere viskose oder elastische Zwischenschicht an dem Träger 4 haftend befestigt ist, wie in der DE 196 11 983 beschrieben. Es kann aber auch ein Glasmaßstab eingesetzt werden. Zur Bildung eines Fixpunktes ist der Maßstab 1 an einer Stelle in Messrichtung X starr am Gehäuse 3 und/oder an dem Montageelement 6 befestigt.

Die Montageelemente 5, 6 werden über Bohrungen 19 starr an das erste Maschinenteil 7 angeschraubt. Eine hochgenaue Ausrichtung zur Maschinenführung 12 ist dabei nicht zwingend erforderlich.

- 5 Zur hochgenauen Positionsmessung trägt der Maßstab 1 eine lichtelektrisch abtastbare Messstruktur 110, die zur Bildung von positionsabhängigen Abtastsignalen von einer Lichtquelle und einer lichtempfindlichen Detektoreinheit abgetastet wird.
- 10 Anstelle der in den Figuren 1 und 2 dargestellten Aufricht-Abtastung mit einer reflektierenden Messstruktur 110 ist auch die Verwendung eines Maßstabs 200 möglich, der im Durchlicht-Abtastverfahren abtastbar ist, wie in Figur 3 dargestellt. Dabei ist der Maßstab 200 wiederum über einen Träger 4 oder unmittelbar am Gehäuse 3 befestigt und die Abtasteinrichtung 2 ist im
- 15 Innenraum des Gehäuses 3 geschützt untergebracht. Die Abtasteinrichtung 2 weist auf einer Seite des Maßstabs 200 eine Lichtquelle 21 und auf der anderen Seite des Maßstabs 200 einen lichtempfindlichen Detektor 22 auf. Das Gehäuse 3 ist geschlitzt und dieser Schlitz 23 ist durch eine elastische Dichtung 24 abgedichtet, durch die ein schwertförmiger Mitnehmer 25 greift,
- 20 der die Abtasteinrichtung 2 mit dem Führungsschlitten 10 in allen Richtungen X, Y, Z starr verbindet.

- Die elastische Dichtung 24 kann durch ein Abdeckband 26 ersetzt werden. Dieses in Figur 5 dargestellte Abdeckband 26 ist im Schlitz 23 geführt, wobei
- 25 es einerseits am Mitnehmer 25 befestigt ist und andererseits über Umlenkrollen 27, 28 am Gehäuse 3 gelagert ist, so dass es vom Mitnehmer 25 ausgehend über die erste Umlenkrolle 27 zur zweiten Umlenkrolle 28 zurück zum Mitnehmer 25 geführt ist und umläuft.

- 30 In Figur 4 ist eine abgewandelte Linearführung dargestellt. Die Führungsschiene wird wiederum von der Umfangsfläche 31 des Gehäuses 3 selbst gebildet, die Kugelbuchse ist hier aber durch eine Gleitführung ersetzt, wobei sich der Führungsschlitten 10 an mehreren Umfangsbereichen, insbe-

sondere aber an drei um  $120^\circ$  gegeneinander versetzten Umfangsbereichen des Gehäuses 3 abstützt und spielfrei geführt wird.

Figur 6 und 7 zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Längenmess-  
5 einrichtung. Gegenüber den bisher erläuterten Beispielen befindet sich nun die Abtasteinrichtung 2 außerhalb des Gehäuses 3.

Das Gehäuse 2 ist rohrförmig und weist eine kreiszylindrischen Umfangsfläche 31 auf. Im Innenraum des Gehäuses 3 ist der lichtelektrisch abtastbare  
10 Maßstab 1 befestigt, der vorzugsweise ein längssteifes und gegebenenfalls an die Wölbung der Innenwand 32 angepasst vorgewölbtes Stahlband ist, welches über einen Ölfilm 100 direkt an der Innenwand 32 des Gehäuses 3 haftend befestigt ist. Die Messstruktur 110 des Maßstabs 1 wird von der  
15 Abtasteinrichtung 2 abgetastet, die über den Führungsschlitten 10 am zweiten Maschinenteil 8 in allen Richtungen X, Y, Z starr befestigt ist. Zur Abtastung durch das Gehäuse 3 ist dieses zumindest in dem Umfangsbereich A der Abtastung für das Abtastlichtbündel transparent. Das Gehäuse 3 kann also über den gesamten Umfang transparent ausgebildet sein, oder wie in  
Figur 8 dargestellt, nur partiell transparent sein, indem beispielsweise ein  
20 transparentes Segment 310 in ein Stahlsegment 320 eingesetzt ist.

Die Führung des Führungsschlittens 10 mit der Abtasteinrichtung 2 erfolgt am Außenumfang 31 des Gehäuses 3 oder an einer dem Gehäuse 3 starr zugeordneten separaten Führungsschiene in Richtungen Y, Z senkrecht zur  
25 Messrichtung X starr.

Der Führungsschlitten 10 ist in Messrichtung X und in allen Richtungen senkrecht zur Messrichtung X starr an dem zweiten Maschinenteil 8 befestigbar.

30

Das Gehäuse 3, beispielsweise ein Glasrohr- insbesondere aus zähelastischem Glas- oder ein Kunststoffrohr, ist biegesteif ausgebildet und ist über die Montageelemente 5, 6 am ersten Maschinenteil 7 befestigt. Beide Montageelemente 5, 6 halten das Gehäuse 3 senkrecht zur Messrichtung X

auslenkbar. Zur definierten Fixierung des Maßstabs 1 am ersten Maschinenteil 7 ist dieser an einem Montageelement 6 in Messrichtung X starr befestigt, wozu wieder ein Federdraht 61 oder ein Stab mit einem, aber insbesondere mit in Messrichtung X voneinander beabstandeten Gelenken in

5 Form von Schwachstellen dient.

Um eine Fehlausrichtung zwischen der Maschinenführung 12 und dem Maßstab 1 im Messbetrieb auszugleichen, ist gemäß der Erfindung auch eine weitere Maßnahme vorteilhaft. Die Kupplungsmittel 51, 61 zwischen

10 dem biegesteifen Gehäuse 3 und den Montageelementen 5, 6 werden dabei vom Gehäuse 30 selbst gebildet, indem dieses biegeschlaff ausgeführt ist. Diese Ausführung ist in Figur 9 im Prinzip dargestellt.

Die Führungsschiene wird wiederum von der Außenfläche 31 des Gehäuses

15 30 selbst gebildet. Alternativ kann eine eigene biegeschlaffe Führungsschiene dem Gehäuse 30 starr zugeordnet sein. Der Führungsschlitten 10 ist wiederum an der Führungsschiene 31 in Richtungen Y, Z senkrecht zur Messrichtung X spielfrei angekoppelt. Vorteilhafterweise hat das Gehäuse 30 eine kreiszylindrische Umfangsfläche 31, welche der Führungsschlitten

20 10 allseitig umgreift und die Umfangsfläche als Führungsfläche 31 dient. Der Führungsschlitten 10 ist an der Führungsschiene 31 in Richtungen Y, Z senkrecht zur Messrichtung X spielfrei angekoppelt. Die Abtasteinrichtung 2 ist starr am Führungsschlitten 10 und dieser wiederum in allen Richtungen X, Y, Z starr am zweiten Maschinenteil 8 befestigt. Durch das biegeschlaffe

25 Gehäuse 20, das beispielsweise aus Kunststoff bestehen kann, ist sichergestellt, dass es im Messbetrieb zumindest im Führungsbereich und somit im Abtastbereich senkrecht zur Messrichtung X auslenkbar ist, so dass bei einer Bewegung des Führungsschlittens 10 senkrecht zur Messrichtung X das Gehäuse 30 in dieser Richtung mitgenommen wird. Eines der Gehäuse-

30 enden kann am ersten Maschinenteil 7 über ein Montageelement 6 starr und das andere Ende über ein weiteres Montageelement 5 längsbeweglich am ersten Maschinenteil 7 befestigt sein.



Die zu den Figuren 1 bis 8 erläuterten Maßstabanordnungen, Abtastprinzipien und Führungsausgestaltungen können auch bei dem Beispiel gemäß Figur 9 Verwendung finden.

- 5 Bei allen Beispielen ist möglich, dass der Führungsschlitten 10 um die Längsachse D des Gehäuses 3, 30 an der Führungsschiene 31 drehbar gelagert ist. Alternativ kann dieser rotatorische Freiheitsgrad geschaffen werden, indem das Gehäuse 3, 30 in den Montageelementen 5, 6 um diese Längsachse D drehbar gelagert ist.

## Patentansprüche

=====

1. Längenmesseinrichtung zur Messung der Relativlage eines ersten Maschinenteils (7) gegenüber einem zweiten Maschinenteil (8) mit
  - einem Gehäuse (3, 30), das am ersten Maschinenteil (7) befestigbar ist;
  - 5 - einem Maßstab (1, 200) innerhalb des Gehäuses (3, 30), wobei der Maßstab (1, 200) entlang des Gehäuses (3, 30) in Messrichtung X verlaufend befestigt ist;
  - einer Abtasteinrichtung (2) zur Abtastung des Maßstabs (1, 200);
  - einer Linearführung mit einer Führungsschiene (31), die dem Gehäuse (3, 30) starr zugeordnet ist und mit einem die Abtasteinrichtung (2) tragenden Führungsschlitten (10), welcher an der Führungsschiene (31) entlang des Gehäuses (3, 30) in Messrichtung X geführt ist, wobei
  - 10 - der Führungsschlitten (10) an der Führungsschiene (31) in allen Richtungen Y, Z senkrecht zur Messrichtung X spielfrei angekoppelt ist;
  - 15 - das Gehäuse (3, 30) derart ausgebildet und am ersten Maschinenteil (7) befestigbar ist, dass es im Messbetrieb zumindest im Führungsbereich senkrecht zur Messrichtung X auslenkbar ist, so dass bei einer Bewegung des Führungsschlittens (10) senkrecht zur Messrichtung X das Gehäuse (3, 30) in dieser Richtung mitgenommen wird und
  - 20 - der Führungsschlitten (10) Befestigungsmittel (9) aufweist, mit denen er in Messrichtung X und in allen Richtungen Y, Z senkrecht zur Messrichtung X starr an dem zweiten Maschinenteil
  - 25 (8) befestigbar ist.
2. Längenmesseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Führungsschiene von einer Außenfläche (31) des Gehäuses
- 30 (3, 30) gebildet wird.

3. Längenmesseinrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (3, 30) rohrförmig ist und eine kreiszylindrische Umfangsfläche als Führungsfläche (31) der Führungsschiene aufweist, wobei der Führungsschlitten (10) an der Führungsfläche (31) mit einem  
5 Bewegungsfreiheitsgrad in Messrichtung X sowie mit einem rotatorischen Freiheitsgrad um die Längsachse D des Gehäuses (3, 30) spielfrei geführt ist.
4. Längenmesseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 10 dadurch gekennzeichnet, dass die Abtasteinrichtung (2) mit dem Führungsschlitten (10) in Messrichtung X und in allen Richtungen Y, Z senkrecht dazu starr verbunden ist.
5. Längenmesseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 15 dadurch gekennzeichnet, dass der Maßstab (1, 200) eine lichtelektrisch abtastbare Messstruktur (110) und die Abtasteinrichtung (2) zumindest eine Lichtquelle (21) und einen lichtempfindlichen Detektor (22) aufweist.
- 20 6. Längenmesseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Maßstab (1, 200) innerhalb des Gehäuses (3, 30) angeordnet ist und die Abtasteinrichtung (2) zumindest eine Lichtquelle (21) und einen lichtempfindlichen Detektor (22) außerhalb des Gehäuses (3, 30) zur Abtastung des Maßstabs (1) mittels eines Lichtbündels durch das Gehäuse (3, 30) aufweist, wozu das Ge-  
25 häuse (3, 30) zumindest in dem Umfangsbereich (A) der Abtastung für das Abtastlichtbündel transparent ist.
7. Längenmesseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 30 dadurch gekennzeichnet, dass der Maßstab (1) an einer Innenwand (32) entlang des Gehäuses (3) befestigt ist.
8. Längenmesseinrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Maßstab ein längssteifes und biegeschlaffes Stahlband (1) ist.

9. Längenmesseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (3) längssteif und biegesteif ist.
- 5 10. Längenmesseinrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (3) zumindest ein Montageelement (5, 6) mit einem Kupplungselement (51, 61) aufweist, mit dem es senkrecht zur Messrichtung X auslenkbar am ersten Maschinenteil (7) befestigbar ist.
- 10 11. Längenmesseinrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Kupplungselement (51) an einem Ende des Gehäuses (3) das Gehäuse (3) längsbeweglich mit dem Montageelement (5) koppelt und das Kupplungselement (61) am anderen Ende des Gehäuses (3) das Gehäuse (3) in Messrichtung X steif mit dem Montageelement (6) koppelt.
- 15
12. Längenmesseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (30) längssteif und biegeschlaff ist.

FIG. 1

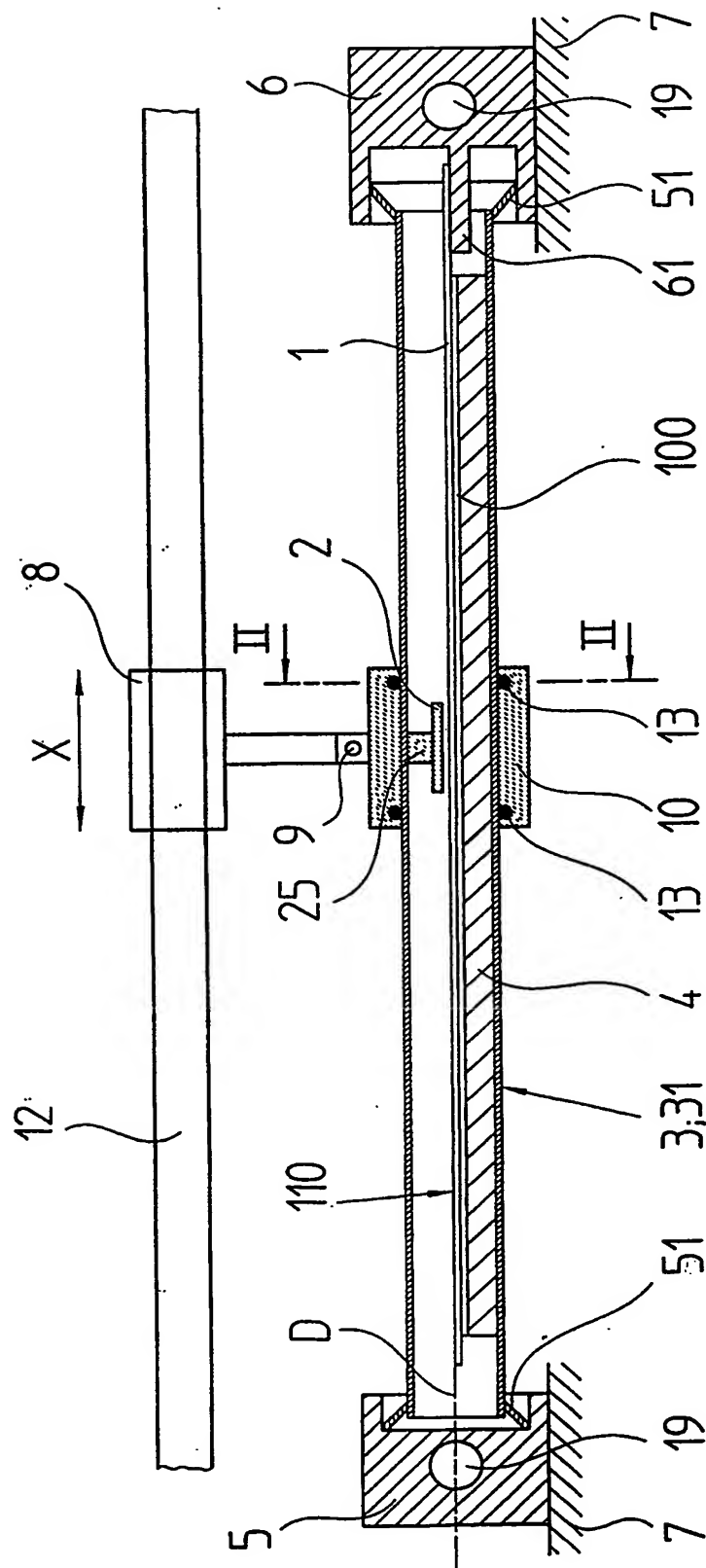


FIG. 2

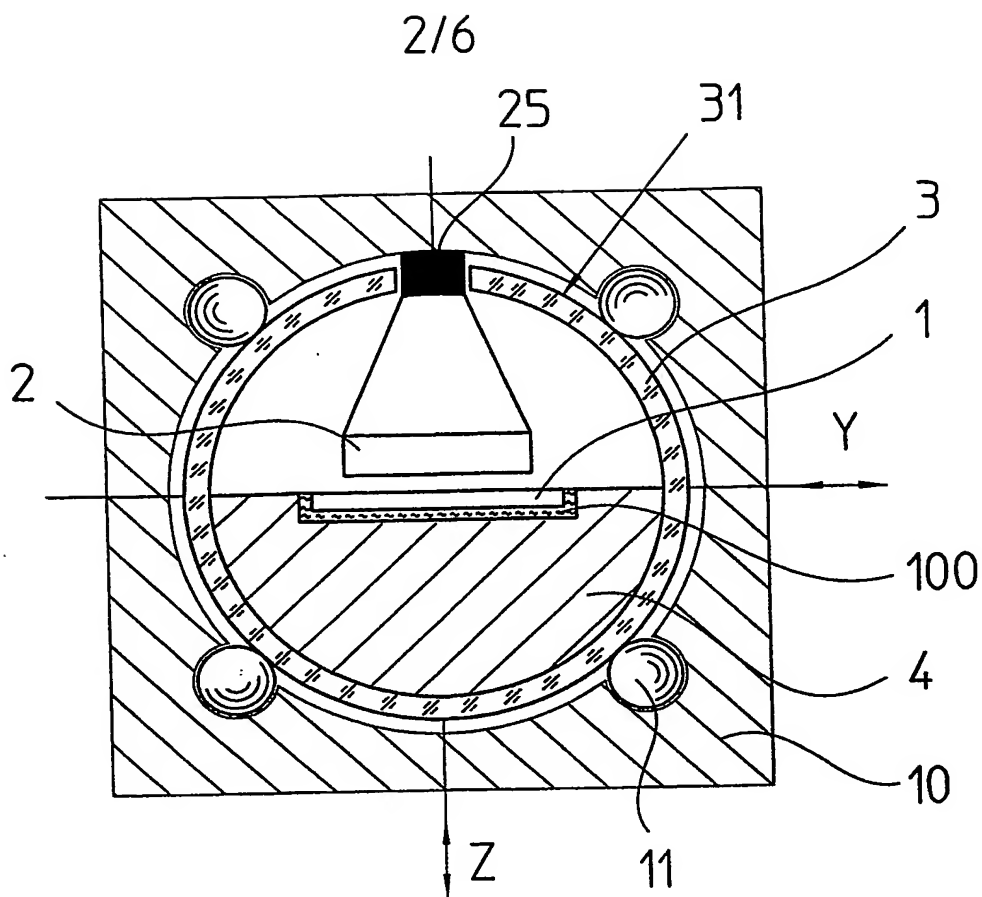


FIG. 3

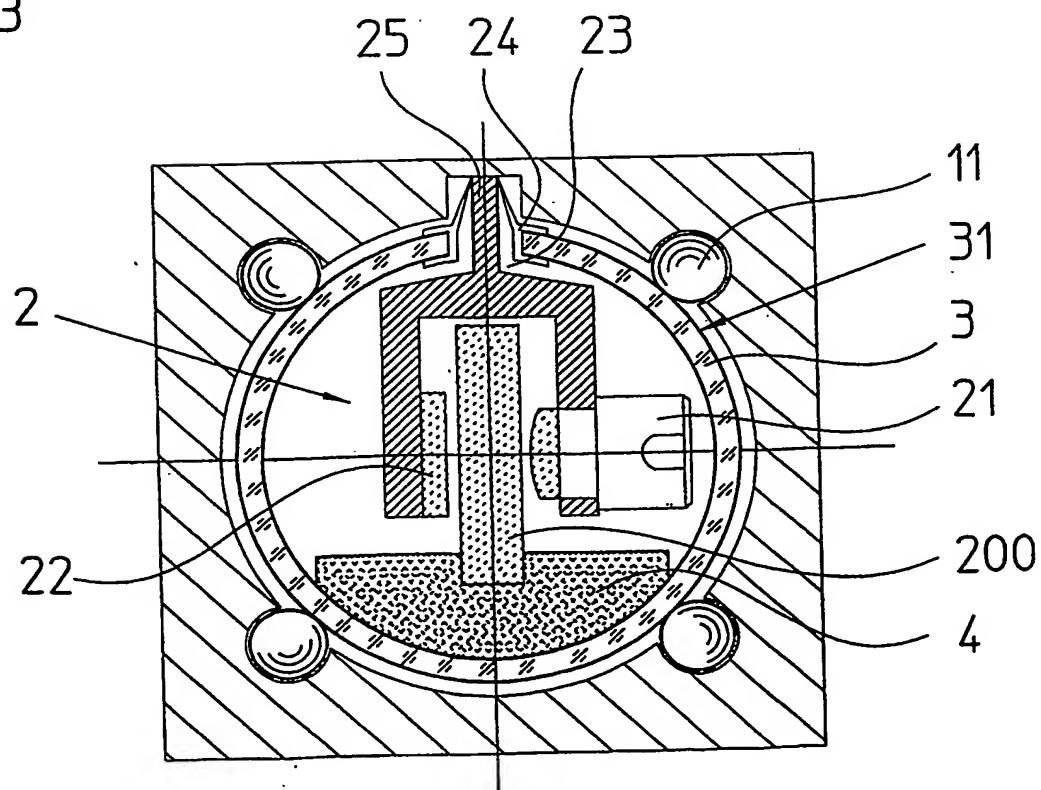


FIG. 4

3/6

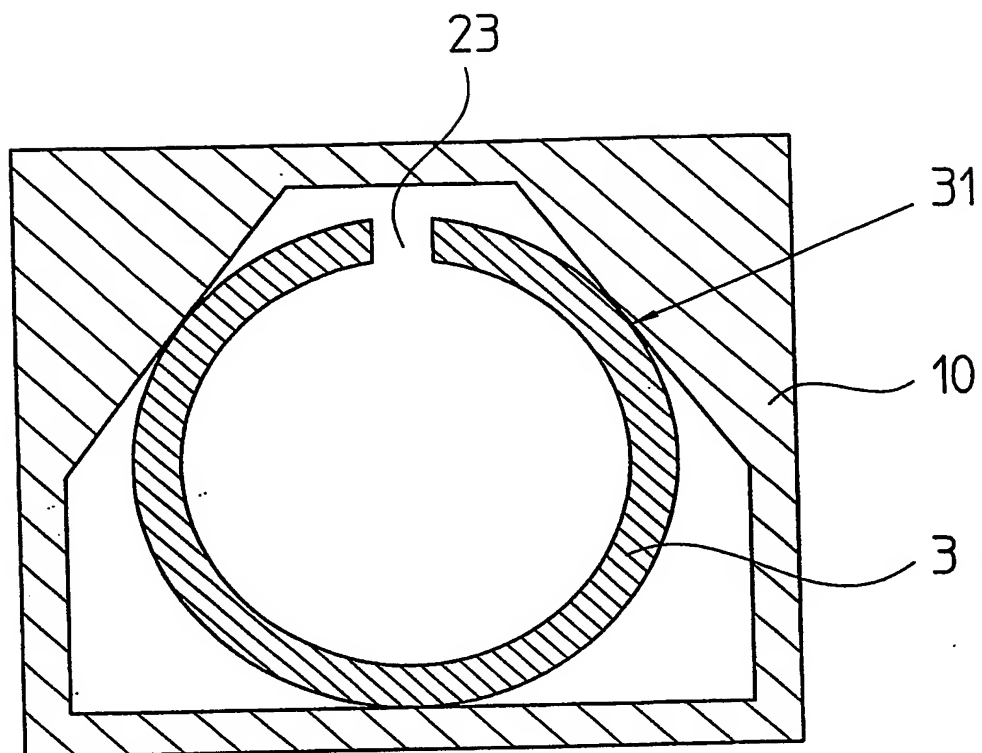


FIG. 5

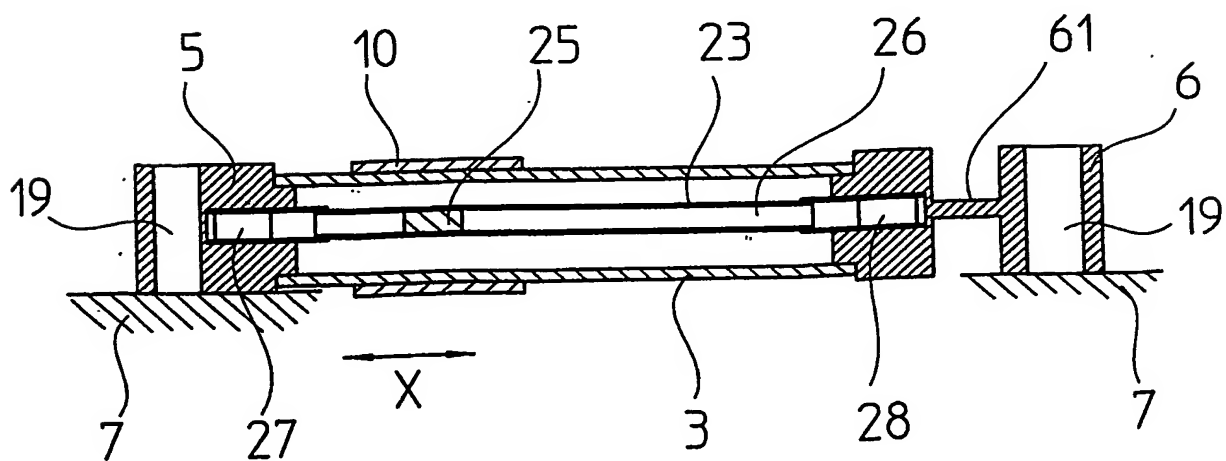






FIG. 7

5/6

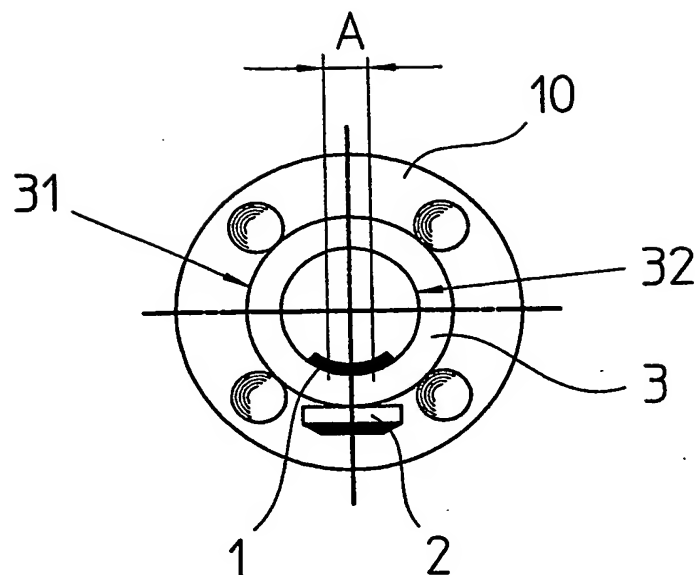
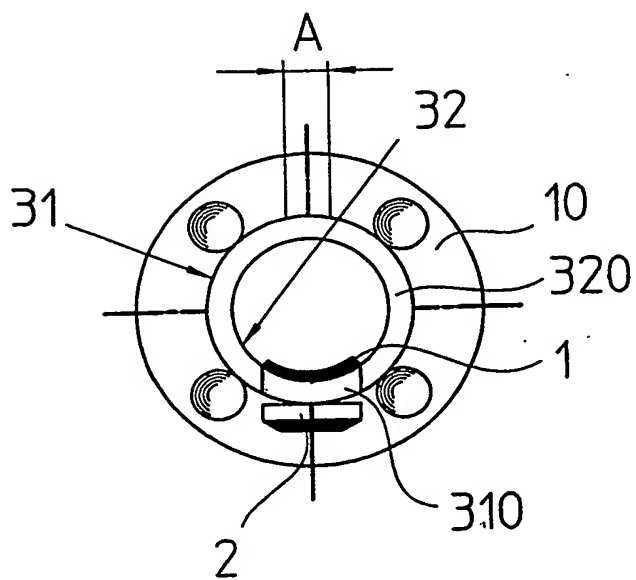
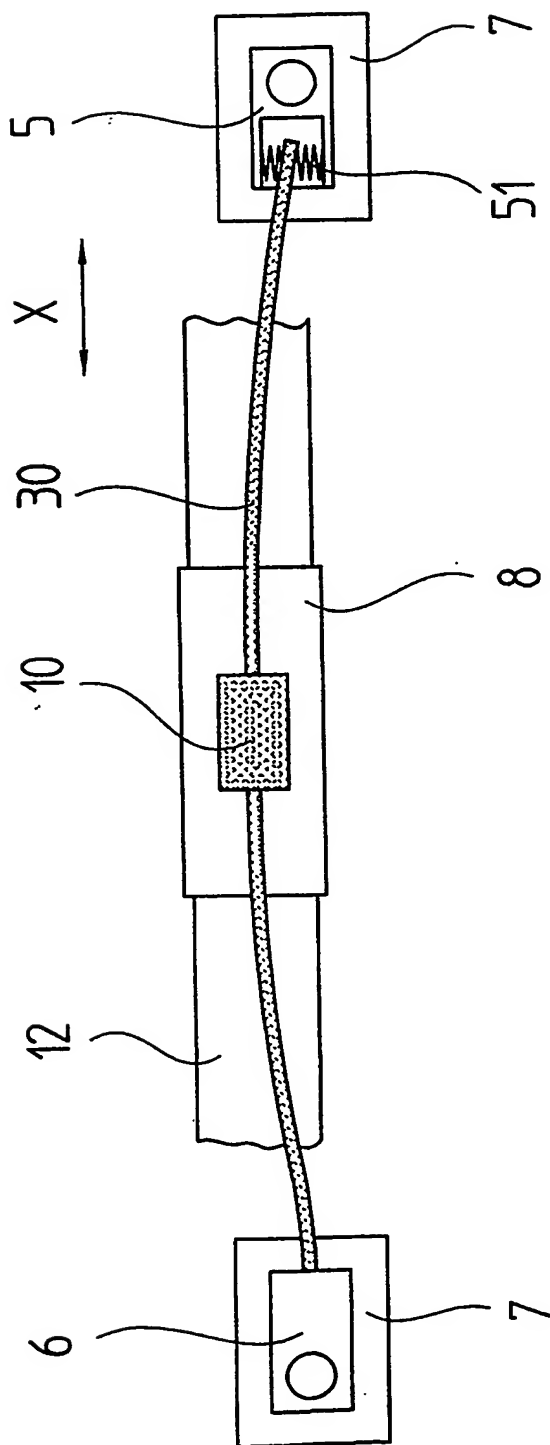


FIG. 8



6/6

FIG. 9



# BEST AVAILABLE COPY

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/06845

### A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01D5/347 B23Q17/22 G01B3/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

### B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01D B23Q G01B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

### C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                               | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| A          | DE 199 14 311 A (HEIDENHAIN GMBH DR JOHANNES) 5 October 2000 (2000-10-05)<br>cited in the application<br>claim 1 | 1-12                  |
| A          | DE 197 00 367 A (ZEISS CARL JENA GMBH) 16 July 1998 (1998-07-16)<br>cited in the application<br>claim 1          | 1-12                  |
| A          | DE 22 49 936 A (LUDWIGSBURGER MASCH BAU) 18 April 1974 (1974-04-18)<br>claim 1                                   | 1-12                  |



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

#### \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 October 2003

Date of mailing of the international search report

23/10/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3018

Authorized officer

De Gussem, J

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/06845

| Patent document<br>cited in search report |   | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|---|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| DE 19914311                               | A | 05-10-2000          | DE 19914311 A1             | 05-10-2000          |
|   |   |                     | EP 1041363 A2              | 04-10-2000          |
|   |   |                     | JP 2000292101 A            | 20-10-2000          |
|   |   |                     | US 6349481 B1              | 26-02-2002          |
| DE 19700367                               | A | 16-07-1998          | DE 19700367 A1             | 16-07-1998          |
|   |   |                     | US 6049992 A               | 18-04-2000          |
| DE 2249936                                | A | 18-04-1974          | DE 2249936 A1              | 18-04-1974          |

## INTERNATIONALER RESEARCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/06845

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G01D5/347 B23Q17/22 G01B3/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01D B23Q G01B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                   | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| A          | DE 199 14 311 A (HEIDENHAIN GMBH DR JOHANNES) 5. Oktober 2000 (2000-10-05)<br>in der Anmeldung erwähnt<br>Anspruch 1 | 1-12               |
| A          | DE 197 00 367 A (ZEISS CARL JENA GMBH) 16. Juli 1998 (1998-07-16)<br>in der Anmeldung erwähnt<br>Anspruch 1          | 1-12               |
| A          | DE 22 49 936 A (LUDWIGSBURGER MASCH BAU) 18. April 1974 (1974-04-18)<br>Anspruch 1                                   | 1-12               |



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*&amp;\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

15. Oktober 2003

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

23/10/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

De Gussem, J

**INTERNATIONALER RESEARCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationaler Aktenzeichen

**PCT/EP 03/06845**

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentedokument |   | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie |              | Datum der<br>Veröffentlichung |
|---|---|-------------------------------|-----------------------------------|--------------|-------------------------------|
| DE 19914311   | A | 05-10-2000                    | DE                                | 19914311 A1  | 05-10-2000                    |
|   |   |                               | EP                                | 1041363 A2   | 04-10-2000                    |
|   |   |                               | JP                                | 2000292101 A | 20-10-2000                    |
|   |   |                               | US                                | 6349481 B1   | 26-02-2002                    |
| DE 19700367   | A | 16-07-1998                    | DE                                | 19700367 A1  | 16-07-1998                    |
|   |   |                               | US                                | 6049992 A    | 18-04-2000                    |
| DE 2249936  | A | 18-04-1974                    | DE                                | 2249936 A1   | 18-04-1974                    |